

Az énekelt magánhangzók észlelése réshangkörnyezetben

Deme Andrea

ELTE BTK Nyelvtudományi Doktori Iskola
andrea_deme@hotmail.com

Kivonat: A normál beszéd-től eltérő beszédprodukciós technikák (így az ének-lés) kutatása egyre több beszéd-kutatással foglalkozó diszciplína érdeklődését felkeltő feladat. Fonetikai szempontból az énekelt magánhangzók észlelésének és akusztikai szerkezetének vizsgálata lehet az egyik fő kutatási irány. A nem-zetközi szakirodalom adatai szerint az éneklés artikulációs kényszere (nagyobb állkapocsnyitás, ajakréses ejtés) miatt a beszédhangokra jellemző artikulációs konfiguráció megváltozik: az éneklés képzési jegyeivel nem egyező képzésű hangok ejtése nyíltabb és ajakréses lesz, észlelésükben pedig a nyíltabbra és ajakrésesre tévesztés tendenciája látható. Mivel korábbi, a magyar nyelv-re vég-zett kísérleteink nem igazolták egyértelműen e tendencia megjelenését a nazális környezetben (mVn) ejtett vokálisokra, a jelen kutatásban a (zöngés és zöngét-len) spiráns hangkörnyezet (sVs , $zsVzs$) vizsgálatát végeztük el. Eredményeink szerint az eredmények eltérései nem magyarázhatók a nazalizációnak az észle-lést megnehezítő hatásával, így az eltérések értelmezésére további kísérleteket tartunk szükségesnek.

1 Bevezetés

Beszélőszerveink a mindennapi beszéd létrehozásán kívül számos alternatív beszéd-technikai produkcióra is képesek. Ezek vizsgálata fontos területét képezi a fonetikai kutatásoknak, különösen akkor, ha a mindennapi életben játszott szerepük is jelentős, hiszen produkciójuk és a produktum percepciója is közel mindennapos feladat. Ilyen technika az éneklés és a suttogás is. Az énekelt és a suttogott hangok artikulációja és ennél fogva akusztikai szerkezete is jelentősen különbözik a normál beszéd során artikulált hangokétól.

A suttogás akusztikai szerkezetével és percepciójával kapcsolatban hazánkban már számos kutatási eredmény elérhető. E beszédtechnika produkciója során nem keletke-zik zöngé, így nincs alaphang, sem pedig beszéddallam, ráadásul – ahogy Gósy (2002) kimutatta –, a magánhangzók formánsszerkezetében is szignifikáns változások figyelhetők meg. Ennek ellenére a suttogott beszéd nagymértékben érthető marad (az egyes hangok eltérő felismerhetősége mellett) (vö. Grácz 2005, 2006). A témával szupraszegmentális szempontból foglalkozó szakirodalom arról is beszámol, hogy a dallam hiánya ellenére a modalitás is jó arányban detektálható (vö. Markó 2008). Az énekelt beszéddel kapcsolatosan magyar nyelvű kutatási eredmények azonban még alig állnak rendelkezésre.

Az éneklésre jellemző artikulációs jegyek közül a legfontosabb a gége süllyesztése, a többi részben ennek a fiziológiai kompenzációjaként lép fel. Elsősorban a magas alaphang eléréséhez használt további artikulációs mozgás az állkapocs nyitásszögének

növelése, az ajkak széthúzása, tehát az illabiális ejtés és a toldalékcso kisélesztése a velum területén (Sundberg 1970). Ezek a mozgások segítik az F_0 emelését, míg az F_0 intenzitásának megőrzésével a „szép énekhangot” (vö. Sundberg 1969, 1970), a hang hatékonyságának növelésével pedig a távolról is jó hallhatóságot (vö. Garnier et al. 2010) éri el az énekes. Ám ezek a mozgások sokszor eltérnek a beszédhangok artikulációjának a normál beszédben megfigyelt jellemzőitől (a magyar köznyelvi beszédhangokra jellemző artikulációs beállásokról l. Gósy 2004), különösen a zárt és ajakke-rekítéses magánhangzók esetében. Ennek következményeképpen azt mondhatjuk, hogy 1. nehéz a különböző magánhangzó-minőségek elkülönítése a produkció oldaláról nézve (tehát az ejtésben), és 2. feltehetően nehéz az elkülönítés az észlelés oldaláról is. (Megjegyzendő, hogy a nem stúdiókörülmények között rögzített énekhang esetében további akusztikai faktorok, maszkolási jelenségek is nehezítik az észlelést, szövegéneklekor pedig magánhangzónyújtás és mássalhangzó-rövidülés is tapasztalható [vö. Scotto di Carlo 2007].)

A korábbi nemzetközi kísérletek az artikuláció és az akusztikum változását, illetve az énekhang észlelésének jellemzőit vizsgálták a svéd, az angol és a francia nyelvben. A magyar nyelvre eddig született egyetlen kutatás az akusztikum egyes jellemzőit és az észlelésben megmutatkozó tendenciákat kísérlete meg feltérképezni (l. Deme 2010). A magyarra vonatkozó elemzéseknek az akusztikumra vonatkozó adatai igazolták a korábbiak tanulságai alapján megfogalmazott hipotéziseket, de az észleléssel kapcsolatos elvárások csak részben teljesültek. Nem várt eredményként ugyanis a következőket találtuk: 1. a magánhangzók nyíltabbnak és illabiálisnak észlelése helyett a zártabbnak észlelés volt a jellemző; 2. a legmagasabb alaphangon a legnyitottabb állkapoccsal képzett *á* felismerése rossz volt; míg 3. két zárt vokális (*i*, *ü*) azonosítása jó maradt magas F_0 -on; végül pedig 4. az *á* helyett nagy számban inkább *i*-re tévesztettek a hallgatók (Deme 2010).

Az említett kutatásunkban nazális hangkörnyezetben ejtett vokálisok azonosítását teszteltük. Az itt tapasztalt nagyszámú zártabbra tévesztésből arra következtethetünk, hogy az énekes ejtése is zártabb volt (a nyitás helyett). A jelenség magyarázatára a következő feltételezéseket vizsgálhatjuk meg: 1. az énekes egy artikulációs jellegzetességéről vagy egy énektechnikai sajátosságról lehet szó (vö. Garnier et al. 2010); 2. a tendencia nem az ejtés jellemzője, csak a percepcióban jelenik meg, mert a hallgatók valamilyen oknál fogva kompenzálnak; 3. a tévesztéseket az észlelésben a hangrendszer jellemzői motiválják; illetve 4. a tévesztések természetéért a kísérletben használt mássalhangzó-környezet a felelős.

A nyelvi kontextus kiválasztásakor énektechnikai szakkönyvekre és empirikus megfigyelésekre támaszkodtunk, melyek azt igazolják, hogy a nazális környezet „jó zengető”, jó rezonanciafejlesztő (vö. pl. Kerényi 1959), tehát a magas alaphangok elérésekor e hangok ejtése kisebb vokális erőfeszítést igényel. Ugyanakkor a nazalizációra vonatkozó korábbi kutatások kimutatták, hogy a nazális jelentős hatással lehet a környező vokálisok akusztikai szerkezetére, ebből következően pedig ronthat a vokálisok pontos azonosíthatóságán (vö. Rosner és Pickering 1994, Horváth 2005, 2008). Jelenleg még nem egyértelműen tisztázott kérdés, hogy az éneklés során megjelenik vagy megjelenhet-e a nazalizáció, és ha igen, mely alaphangterjedelemben és milyen mértékben (vö. Vennard 1964, Yangisawa et al. 1990, Gramming et al. 1993 és Stephen 1996 eredményei).

A jelen kutatás azt a célt szolgálja, hogy ellenőrizzük, hogy az eddig kapott (és nem várt) eredményekért mennyiben lehet felelős a nazális kontextus. Hipotéziseink szerint 1. a nem nazális hangkörnyezetben látványosabban megmutatkozik a beszéd-

hangok nyíltabbként és illabiálisként való azonosítása, és 2. a nazális hangkörnyezetben a legmagasabb F_0 -on a nyílt és illabiális hangok felismerése lesz a legjobb (első-sorban az *á* hangé).

2 Anyag, módszer és kísérleti személyek

A kutatásban a produkciót és a percepciót vizsgáló kísérleteket végeztünk, a beszélő személy a jelen tanulmány szerzőinek korábbi kutatásaiban is közreműködő 50 éves profi szoprán énekesnő volt. Az első, beszédprodukciós szakasz során csendesített szobában rögzítettük az adatközlő hangját (Zoom H4 típusú mikrofonnal, 44,1 kHz-en, 16 biten). Az énekes első feladata az volt, hogy *mVn*, *sVs* és *zsVzs* szerkezetű *á*, *ú*, *í*, *a*, *ó*, *é*, *e*, *ő*, *ű* hangokat tartalmazó logatomokat olvasson fel átlagos beszélt alaphangmagasságán (~200 Hz), három alkalommal ($3 \times 9 \times 3$ hangsor). A felvételek készítésekor a fonológiaiailag hosszú magánhangzókat használtuk fel, mert korábbi kísérleteink azt mutatták, hogy könnyebb az énekes számára a megfelelő ejtés („szép énekhang”) tervezése, ha tudja, hogy tetszőlegesen hosszan ejtheti a hangokat. (A fonológiaiailag rövid hangok ejtését a beszélő fonetikailag is rövidre tervezte, így hangja gyakrabban elcsuklott, nem állt rendelkezésére elegendő idő a magánhangzó hangoztatására.)

Ezután a hangsorokat énekelt ejtésben is rögzítettük négy további alaphangmagasságon ($F_0 = 500, 550, 600, 650$ Hz), nem mozgó dallammenet mellett, F_0 -onként három alkalommal ($3 \times 9 \times 4 \times 3$ hangsor). Hogy könnyítsük a hangmagasságok elérését, és hogy az énekes ne „csússzon le”, fejhallgatón keresztül az adott frekvencián folyamatosan szóló szinuszhangokat juttattunk a fülébe.

A hangmagasságok kiválasztásakor egyenközü lépések által kialakított mesterséges skálát vizsgáltunk (ahol egy lépés = 50 Hz), nem vettük figyelembe a történelem során kialakult zenei hangsorok felépítésének jellemzőit. Ezt a döntést az indokolja, hogy további kísérleteink során azt is vizsgálni kívánjuk, hogy van-e kapcsolat a zenei hangsorok kialakítása és az énekprodukciós jellemzők, illetve az énekhang észlelése között, azaz feltételezhető-e, hogy a zenei hangsorok történeti alakulásában szerepet játszott a beszédprodukcióval vagy a percepcióval, az emberi hallással kapcsolatos tudás vagy tapasztalat.

A második szakaszban észlelési kísérletet végeztünk a hangsorok másodszori ejtésének felvételeivel. Így ($9 \times 3 \times 5 =$) 135 hangsort vizsgáltunk, melyek közül mindegyik kétszer szerepelt a stimulusok között (összesen 270 stimulus). A kísérletben 10 nő és 5 férfi vett részt (18–29 évesek, átlagos életkoruk 23 év). A hallgatók feladata az volt, hogy a Praat beszédelemző szoftver (Boersma és Weenik 2009) segítségével készített tesztben jelöljék meg, az elhangzó logatomokban melyik magánhangzót észlelik. A tesztet a résztvevők egyesével, számítógépen végezték el, a kísérleti személyek fülhallgatón keresztül kapták a hangzó stimulusokat. Az egyes stimulusok lejátszásával egyidejűleg a képernyőn megjelent a hosszú magyar magánhangzók betűjele helyesírásban. Az instrukció alapján a résztvevőknek kattintással kellett kiválasztaniuk azt a magánhangzót, amelyet az éppen hallott logatomban (a vizsgált logatomokat lásd fent) észleltek. A kísérleti személyeknek lehetőségük volt a stimulusok többszöri (tetszőleges számú) meghallgatására és a félrekattintások javítására is (a soron következő döntés meghozataláig).

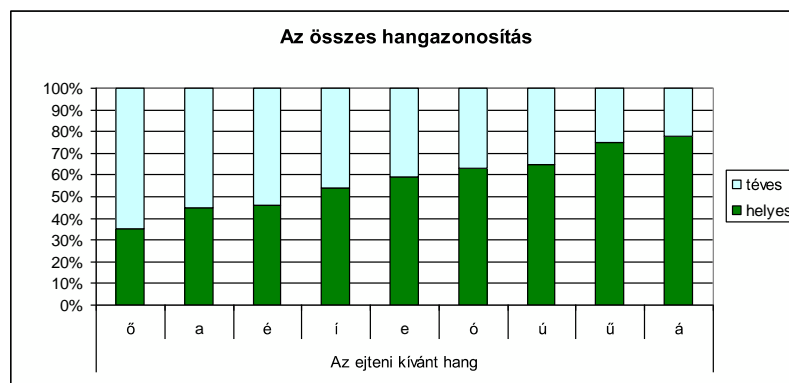
A kapott eredményeken az SPSS 13.0 szoftver segítségével végeztünk statisztikai elemzéseket (χ^2 próba).

Az elemzés során vizsgáltuk 1. a magánhangzókra jellemző azonosítási mutatókat és a tévesztési tendenciákat, 2. az összes hangkörnyezetre és hangmagasságra legjellemzőbb tévesztési tendenciákat, 3. a pontos magánhangzó-azonosítás és az F_0 összefüggését, illetve 4. az ejtési szándéktól eltérő azonosítások számának és tendenciáinak a hangkörnyezetekkel kimutatható összefüggéseit.

3 Eredmények

3.1 A téves azonosítások beszédhangonkénti eloszlása

A vizsgált magánhangzókkal kapcsolatban mért pontos és téves észlelés százalékos mutatóit szemlélteti az 1. ábra. Az eredmények elemzése során használt „hibás”/„téves”, illetve „helyes”/„pontos” azonosítás kifejezéseken azt értjük, hogy a hallgató az adott hangot az ejtési szándékkal (a felolvasni kívánt hangminőséggel) megegyezően, vagy attól eltérően észlelte-e. Az artikulációt és a vokálisok akusztikai megvalósulását a jelen kutatásban produkciós oldalról nem vizsgáltuk, így az azonosítást csak az ejtési szándékkal való összevetés tükrében értelmezhetjük.



1. ábra. A helyes és téves hangazonosítások vokálisonként

Jól látható, hogy a legtöbb hiba az *ő* esetében mérhető, míg a legnagyobb számban minden alaphangmagasságon és hangkörnyezetben pontosan azonosított hangzó az *á*. A hibaeloszlás véletlenszerűségének ellenőrzésére a χ^2 próbát alkalmaztuk, mely igazolta, hogy a kapott adatok nem véletlenszerűek ($\chi^2 = 302,721$, $df = 8$, $p < 0,001$), a hibás azonosítások száma és a hibák eloszlása hangonként jellemző.

Ez az eredmény részben a magyar nyelv hangrendszere jellemzőivel magyarázható. Az *ő* hang a rendszerben elfoglalt helye szerint három olyan szomszédal rendelkezik, melyek vele könnyebben téveszthetők, ugyanis csak egy artikulációs jegyben térnek el tőle (*ű*, *é*, *ó*). Az *á* hang esetében ezzel szemben nincs olyan magánhangzó, mely csak egy képzési jegyben térne el. A sorban az *ő*-t követő *a*-nak és *é*-nek is van egy jegyben eltérő párja, ez magyarázhatja, hogy ezek esetében is (az *ő*-höz hasonlóan) több hibát számoltunk, mint pontos azonosítást.

További magyarázat lehet az *á* hang jó arányú azonosítására az énekés egyik artikulációs jellemzője is, ugyanis a magasabb alaphangok képzésekor az énekes az áll-

kapocs nyitáshozmének növelésével emeli az F_0 -t. Ezáltal a nyitottabb állkapocccsal képzett hangok ejtése nem ütközik akkora nehézségbe, mint zártabb párjaiké, tehát mind ejtésük, mind észlelésük jobb arányban kivitelezhető.

Nem kizárható a magyarázatok sorából az sem, hogy az *ő* hanggal kapcsolatban egy énektechnikai megoldásra vagy a beszélő egy ejtési jellegzetességére derült fény. Erre a kérdésre más énekesek hangjának vizsgálata adhat választ.

3.2 A jellemző tévesztési tendenciák magánhangzónként

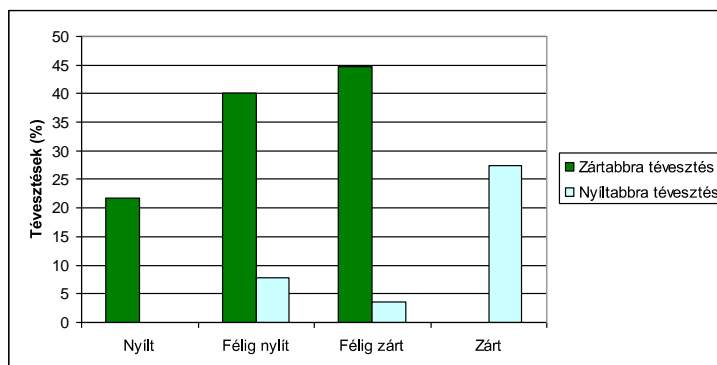
A magánhangzókra jellemző hibatípusok vizsgálatával egyrészt képet kapunk arról, hogy a két vizsgált tendencia (zártabbra tévesztés és illabiálisra tévesztés) közül melyik jellemző nagyobb mértékben a vizsgált stimulusok észlelésekor, és hogy ezek hogyan oszlanak meg az egyes hangminőségeken. Másrészt arról is, hogy a zártabbra vagy nyíltabbra tévesztés közül melyik tendencia jelenik meg nagyobb mértékben. Az összes énekelt alaphangmagasságra jellemző összes hiba eloszlását vizsgáljuk.

Az 1. táblázat azt szemlélteti, hogy az összes vizsgált hang esetében, melyek képzések az állkapocsnyitás és az ajakműködés is változhatott, egyértelműen az állkapocsnyitás szerinti tévesztések domináltak. Feltehető tehát, hogy az artikuláció is ilyen módon változott meg a normál beszédhez képest, azaz az énekes jellemzően az állkapocs nyitásával érte el a kívánt alaphangemelést.

	<i>a</i>	<i>á</i>	<i>e</i>	<i>é</i>	<i>ó</i>	<i>ő</i>	<i>ú</i>	<i>ű</i>	<i>i</i>
Ajkrésesre	17%	-	-	-	7%	19%	6%	43%	-
Ajakkerekítésre	-	99%	64%	27%	-	-	-	-	47%
Zártabbra	83%	100%	84%	91%	80%	86%	-	-	-
Nyíltabbra	17%	-	16%	2%	19%	4%	99%	79%	61%

1. táblázat. A magánhangzónként jellemző tévesztési tendenciák

A 2. ábrán jól látható, hogy azon hangok esetében, melyek félig nyílt vagy félig zárt állkapocccsal képzettek (tehát ejtésük során a nyitottabbként illetve a zártabbként ejtés tendenciája is megjelenhetett), mely tévesztési tendenciák jellemzőek.



2. ábra. Az állkapocsnyitás szerinti tévesztési tendenciák megjelenése a vokálisokra jellemző állkapocsműködés függvényében

Az *a*, *e*, *é*, *ó*, *ő* hangokat félig nyílt, illetve félig zárt állkapoccsal ejtjük. Ezek esetében az látható, hogy a zártabbra tévesztés (39%) a nyíltabbra tévesztéssel (14%) szemben átlagosan nagyobb számban jelent meg.

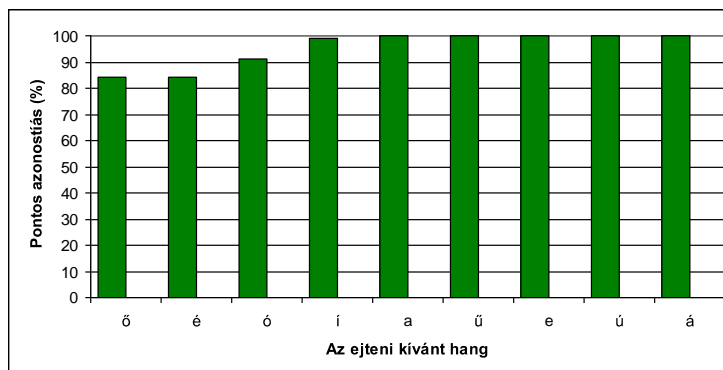
A magánhangzók és a hibatípusok összefüggéseire vonatkozó adatokat a következőképpen foglalhatjuk össze:

1. az ajakműködés és az állkapocsműködés közül jellemzően az állkapocs működésével kapcsolatosan tévesztettek többet a percepciós tesztben részt vevő személyek, ezért feltételezhetjük, hogy a beszélő személy az éneklés során elsősorban állkapocsa nyitásszögét változtatta az énekhang artikulálásához;

2. az állkapocsnyitáshoz kapcsolódó észlelési hibák közül nagyobb számban a hangok zártabbként észlelését találtuk, így a produkcióra nézve azt feltételezhetjük, hogy a beszélő éneklés során a nyitottabb ejtés helyett a zártabban ejtést alkalmazza. Ez utóbbi eredmény a korábbi nemzetközi eredményeknek – azaz az éneklésre jellemző artikulációs jellemzők leírásával – ellentmond (vö. pl. Sundberg 1969, 1970, Scotto di Carlo és Germain 1985, Garnier et al. 2010), míg a jelen tanulmány szerzőjének korábbi, a magyar nyelvre készített vizsgálataival (Deme 2010) összhangban van. (Ugyanakkor az eredmények értelmezéséhez fontos ismét hangsúlyoznunk, hogy az idézett magyar nyelvű kutatás és a jelen vizsgálat adatközlője ugyanaz a személy volt, így nem zárhatjuk ki, hogy a kapott adatok a beszélőre jellemző ejtési sajátosságából fakadnak.)

3.3 A magánhangzók azonosításának változása az alaphang emelésével

A beszélt alaphangmagasságon ($F_0 \sim 200$ Hz) ejtett hangsorok percepciós vizsgálatát a magánhangzó-minőség azonosítása szempontjából kontrollként használtuk. A beszélve ejtett stimulusok esetében közel 100%-os azonosítást vártunk. A közel 100%-os eredmények pedig a beszélő által ejtett vokálisok megfelelő ejtését és azonosíthatóságát biztosítják.



3. ábra. A magánhangzó-minőségek ejtési szándékának megfelelő azonosítása a beszédben ($F_0 \sim 200$ Hz)

A 3. ábra szemlélteti, hogy az *ő* hang volt a beszélt ejtésben is az egyik legkritikusabb hangzó (itt az *é*-vel együtt, mindkettő 84%-os felismeréssel). Erre korábbi, a magyar nyelv hangrendszerét alapul vevő (az egy képzési jegyben eltérő párok számából kiinduló) érvelésünk lehet a magyarázat. Ezt a magyarázatot igazolja az is,

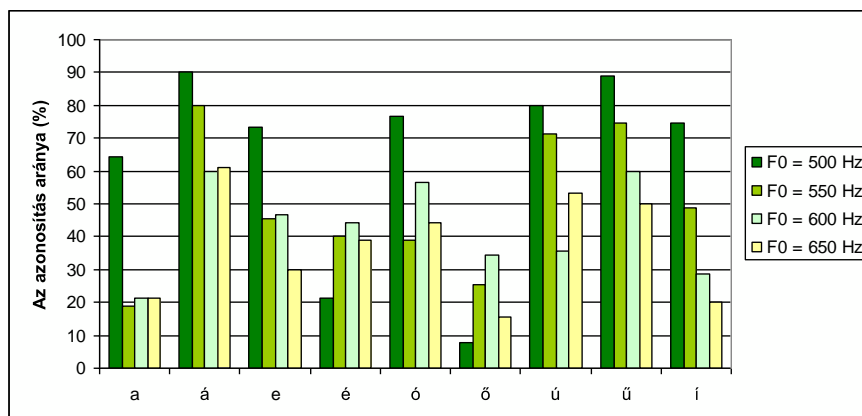
hogy három egy képzési jegyben eltérő párral rendelkeznek az *ő*-t és *é*-t a sorban következő *ó* hang is (91%-os felismeréssel).

Az eddigi kutatások bizonyították, hogy az alaphangmagasság emelésével egyre nehezebb a hangok elkülönítése a produkcióban, hiszen egyre erősebb a magánhangzótér centralizációja (Joliveau et al. 2004). Ennek megfelelően azt vártuk, hogy az F_0 emelkedésével az ejteni szándékolt hangok észlelése is pontatlanabb lesz, azaz a helyes azonosítások száma csökken. A hangmagasság és az észlelés változásának összefüggéseit szemlélteti a 4. ábra.

Az ejtési szándéknak megfelelő hangazonosítások száma az F_0 emelésével nem lineárisan csökken (4. ábra). A legalacsonyabb énekelt alaphangon ($F_0 = 500$ Hz) legjobb arányban felismerhető hangzó az *á* (90%) és az *ű* (89%), míg a legrosszabb eredményt az *ő*-nél (8%) láttuk.

A legmagasabb alaphangon ($F_0 = 650$ Hz) a legnagyobb arányban az *á* (61%) volt felismerhető, majd ezt sorrendben az *ú* (53%), *ű* (50%) és *ó* (44%) vokális követte. A legkisebb arányban 650 Hz-en ismét az *ő* hangzót ismerték fel a hallgatók (16%).

A legmagasabb alaphangon a legnagyobb arányban pontosan észlelt hangok között az *á* megjelenése a hipotéziseknek megfelelő, hiszen képzési jegyei (nagy mértékű állkapocsnyitás, illabiális képzés) egybeesnek a magas énekelt alaphang eléréséhez szükséges artikulációs jegyekkel. Ugyanakkor az *ú*, *ű* és *ó* zártabb hangzók hasonlóan nagyszámú pontos azonosítása elvárásainkkal ellenkező eredmény, hiszen ezek képzésekor zártabb az állkapocs, tehát ejtésük – elméletben – nem kivitelezhető megfelelően a magas énekelt alaphangokon.



4. ábra. Az ejtési szándéknak megfelelő hangazonosítás változása az alaphangmagasság függvényében (énekelt alaphangmagasságok)

Az *ű* hangzó észlelésének kérdéséhez kapcsolódik továbbá az is, hogy első helyen szerepelt a tévesztési hierarchiában (24%-kal). Ez azt jelenti, hogy ezt a hangot jelölték a hallgatók a legnagyobb arányban azon esetek közül, mikor nem az ejtési szándéknak megfelelő hangot észlelték, különösen (a tévesztések számának sorrendjében) az *ő*, *í*, *é*, *e* téves észlelése esetén. Az *ű* zárt és ajakkerekítéses lévén nem tekinthető az éneklés során (akár az itt felsoroltaknál) könnyebben ejthető hangnak. Emellett pedig egy korábbi, a sávszűrt hangok észlelését vizsgáló kísérlet sem mutatott hasonló tendenciákat (nagyszámú *ű*-re tévesztést) az említett vokálisokra azokban az esetekben, mikor a spektrumot az alacsony frekvenciatartományban vágta (Gósy 1987). A je-

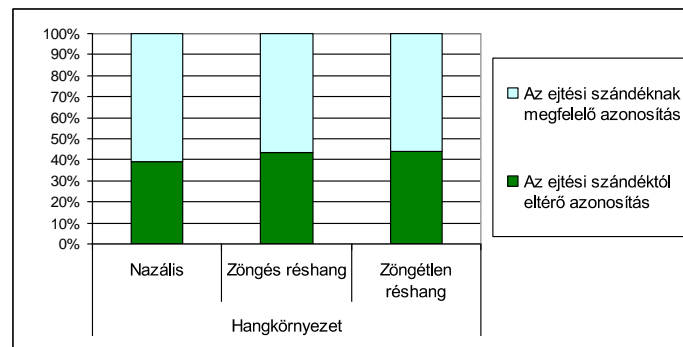
lenségre tehát jelenlegi eredményeink alapján nem tudunk magyarázattal szolgálni, további kutatást kívánó feltételezésünk, hogy nem az énekprodukció, hanem a beszédészlelés folyamatainak sajátosságáról lehet szó.

A helyes azonosítás alakulásában látható nem lineáris változások, ugrások (pl. az *ő* vagy az *é* hang, de akár az *a* vagy az *ú* esetében is) természetének és jellegének feltérképezése, megjelenésük oka szintén további vizsgálatokat igényel.

3.4 A hibák száma és típusa hangkörnyezetenként

A jelen kutatás egyik hipotézise az volt, hogy a nazális hangkörnyezet az éneklésben negatív hatással van a magánhangzók percepciójára. Ezt ellenőrizendő megvizsgáltuk a hibák számának és típusainak eloszlását a három vizsgált (nazális, zöngétlen réses, zöngés réses) hangkörnyezetben.

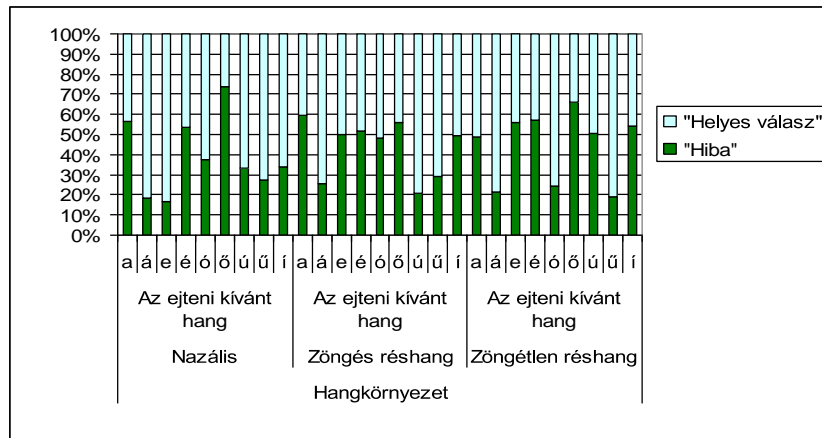
A kapott adatok alapján azt állapíthatjuk meg, hogy bár százalékos eloszlásban kicsinek tűnik a különbség a három hangkörnyezetre produkált észlelési eredmények között (5. ábra), mégis szignifikáns az eltérés a réses és a nazális környezetre kapott értékek között ($\chi^2 = 8,511$, $df = 2$, $p = 0,014$).



5. ábra. A hibák eloszlása hangkörnyezetenként

Az elvárásainktól eltérően azonban nem a nazális környezet okozott nagyobb problémát a hallgatóknak a hangminőségek azonosításában, hanem épp ez a kontextus mutatta a legmagasabb átlagos felismerési értéket (61%). A zöngétlen kontextusban 56%-ban, a zöngésben 57%-ban sikerült a hallgatóknak az ejtési szándékknak megfelelő hangazonosítás.

Ha a hibák eloszlását a hangkörnyezetek és az ejteni kívánt hangok összefüggésében vizsgáljuk (6. ábra), az látható, hogy a nazális és zöngétlen környezetben egyaránt az eddig már többször kiemelt *ő* hang mutatkozik kritikusnak.

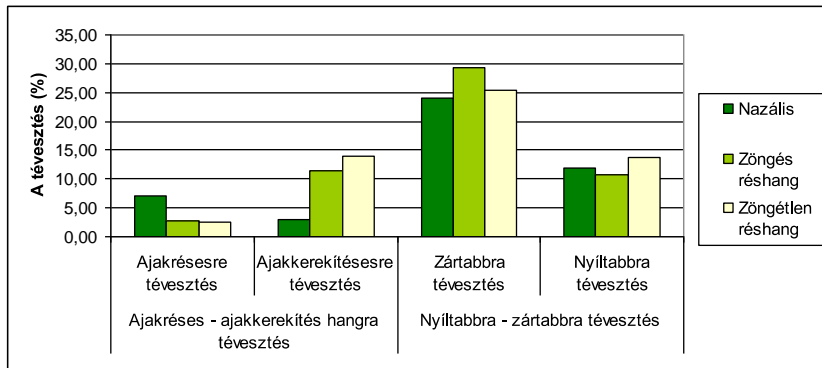


6. ábra. A hibák eloszlása a hangkörnyezet és az ejteni kívánt vokálisok függvényében

Az *ő* részesedése a nazális környezet összes hibájából 21%, míg a zöngétlen környezet esetében 16%, hibás azonosítása a két adott kontextusban pedig 70% illetve 65% fölötti.

A *zsVzs* hangkörnyezetben nem várt eredményként azt tapasztaltuk, hogy az *a* hang felismerése okozta a legnagyobb problémát, téves azonosítása itt közel 60%, míg részesedése a kontextus összes hibájából 15%.

Megvizsgáltuk a hibák jellegét és a típusok eloszlását is a hangkörnyezet függvényében (l. 7. ábra).

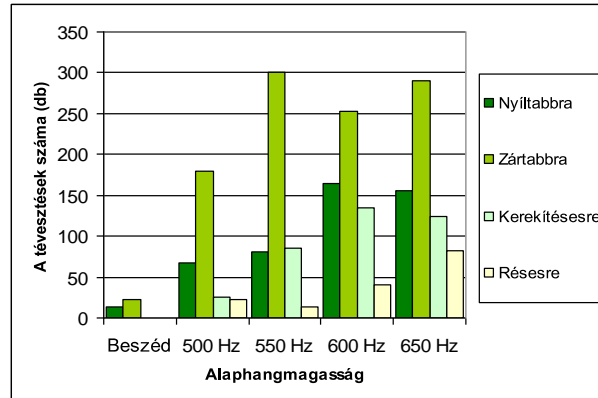


7. ábra. A hibatípusok eloszlása hangkörnyezetenként

Az eredmények az előzőeket igazolva azt mutatják, hogy a három hangkörnyezet-típusban egyenként is az állkapocsműködés szerinti tévesztések a legjellemzőbbek, azon belül is a zártabbra tévesztés tendenciája dominál (nazális környezetben 24%, zöngés környezetben 29%, zöngétlen környezetben 25%).

Ha a hibatípusok számának változását az alaphangmagasság függvényében ábrázoljuk (l. 8. ábra), arra is fény derül, hogy bár a hibák száma, mint korábban láttuk, ugrásokkal és egyenetlenül, de nem teljesen kiegyenlítetlenül növekszik. Az egyre

magasabb F_0 értékeknél a tévesztési típusok megjelenése egyre nagyobb szóródást mutat.



8. ábra. A hibatípusok számának változása az alaphangmagasság emelésének függvényében

Ebből arra következtethetünk, hogy a vokálisok ejtéséhez beálló artikulációs konfiguráció az egyre magasabb alaphang eléréséhez egyre neutrálisabb helyzetet vesz fel, mely ezáltal egyre kevésbé hasonlít bármelyik – a nyelvünk artikulációs bázisában meglévő – hangra. A hallgatók tehát egyre inkább csak „tippelni” képesek, azaz véletlenszerű válaszokat adnak az emelkedő F_0 hatására megváltozott artikulációval ejtett magánhangzók azonosításakor.

4 Következtetések

A magánhangzók észlelését meghatározó akusztikai paraméterek közül a szakirodalom elsősorban a hangidőtartamot, a hangkörnyezetet és a spektrális minőséget emeli ki. Ezek közül az első két formáns fontosságát (Wodarz-Magdics 1970, Gósy 2004), illetve a hangidőtartam kiemelt szerepét (Kovács 1998) már a magyar beszédhangok észlelésével kapcsolatban is több alkalommal igazolták. A szűrt magánhangzók észlelését vizsgáló kutatások azt is bizonyították, hogy a beszédhangok (különösen a zárt hangzók) észlelése nehéz, ha csak a magas frekvencia-összetevők állnak a hallgatók rendelkezésére az azonosításkor (Gósy 1987). A szűrés során alkalmazott „levágás” akusztikai értelemben némileg hasonlít az énekléskor a magas alaphang eléréséhez átalakult artikuláció következtében fellépő változásra, hiszen a felismeréshez fontos, alacsony frekvenciájú akusztikai tartalom eltűnését idézi elő. Erre és a nemzetközi szakirodalom korábbi eredményeire támaszkodva tehát megfogalmazhattuk az énekléssel kapcsolatos alapvető hipotézisünket, mely szerint a magas alaphang elérése érdekében megváltozó artikuláció és akusztikum megnehezíti (bizonyos esetekben pedig feltételezhetően lehetetlenné is teszi) a magánhangzók pontos észlelését. Ugyanakkor a magas alaphang és a beszédhangok a köznyelvi értékeknél magasabb formánsértékekkel történő megvalósulása önmagában nem jelenti azt sem, hogy az ejteni kívánt magánhangzó-minőség észlelése lehetetlen volna. (Ezt igazolja a gyermekek beszédejtése is, melyben a köznyelvihez képest bizonyítottan magasabb for-

mánsértékekkel és a felnőttekéhez képest magasabb alaphangon realizálódnak a magánhangzók (Gósy 1984, Deme 2011), mégis azonosíthatóak.) Így az észlelés hangzótévesztési tendenciáinak megjelenése és jellege az éneklés különleges produkciós módozatában kétségtelenül releváns kérdés.

A bevezetőben megfogalmazott hipotéziseink a kutatás során csak részben igazolódtak. Feltételeztük, hogy a korábbi, a nemzetközi szakirodalommal részben össze nem egyeztethető eredményeink az eddig vizsgált nazális hangkörnyezet hatásának tudhatók be. Ez a hipotézis nem igazolódott, hiszen azt láttuk, hogy mind a nazális, mind a zöngés és zöngétlen réshang kontextus elsősorban a hangok zártabbra tévesztését indukálta a percepcióban.

A második hipotézisünk a magas alaphangon is jó arányban felismerhető hangzókra vonatkozott. Itt részben bizonyítás nyert, hogy az éneklés artikulációs kényszere miatt a nyíltabb (és illabiális) hangzók pontos azonosítása lehetséges a legmagasabb alaphangon is jó arányban, hiszen a nyílt állkapoccsal ejtett *á* hang felismerése volt a legjobb. Meglepő eredményként azonban két zárt hangzó (az *ú* és az *ű*) is hasonló mértékben maradt pontosan észlelhető. Az *ú* jó arányú felismerése (53%) annak fényében különösen váratlan, hogy egy korábbi, szűrt hanganyag észlelését vizsgáló kutatás (Gósy 1987) is bizonyította, hogy a vokális pontos felismeréséhez különösen szükséges az alacsony frekvenciaértékű összetevők jelenléte (mely a hangképzési jellemzők és a magas alaphang miatt itt nem állt rendelkezésre). Az említett kísérletben a filterezett *ú* hangokat 550 Hz fölötti összetevőkkel mindössze 20%-ban, 680 Hz fölöttiekkel pedig csupán 30%-ban azonosították pontosan. A jelen kutatásban szintén nagyobb arányban felismert (50%) *ű* hanggal kapcsolatban viszont elmondható, hogy még az alacsonyabb összetevők hiánya esetén is valamelyest jobb felismerési arányt produkált (550 Hz fölötti összetevőkkel 30%, 680 Hz fölötti összetevőkkel 50%). Ez pedig részben magyarázza a zárt *ű* hangzó felismerhetőségének megmaradását magas alaphangon is.

Az eredmények alapján feltételezhető, hogy az ajakműködés és az állkapocsműködés alkalmazása mint F_0 -emelési mód olyan technikai jellemző, mely csak egyes énektechnikák vagy csak egyes hangképzési technikák sajátja. Az is feltehető továbbá, hogy a hangok zártabban vagy nyíltabban képzése is ehhez fogható technikai sajátosság, így a hangok azonosításával kapcsolatos, a jelen kutatásban is bemutatott tendenciák sem feltétlenül csak nyelvspecifikus, hanem akár technikai jellemzőkről is árulkodnak. Az sem kizárt, hogy ezen technikák feltérképezése útmutatót adhat a jövőben az énekes hangképzési profizmusának akusztikai, artikulációs és percepciósmérésére is.

A nazális hangoknak a magánhangzó ejtését könnyítő, „zengető” hatását az énektechnikai szakkönyvek, az énektanárok tényként kezelik, a beéneklés során az énekesek, kóristák pedig rendszeresen alkalmazzák. Kutatásunk bizonyos tekintetben ezt a tényként kezelt hipotézist is alátámasztotta, ugyanis azt tapasztaltuk, hogy a magánhangzók észlelési adatai nazális környezetben magasabbak voltak, tehát feltehetjük, hogy pontos ejtésük is könnyebb volt ebben a kontextusban.

Annak érdekében, hogy ellenőrizzük, hogy az elvártól eltérő kísérleti eredmények az énekes technikai vagy ejtési jellemzőiről árulkodnak-e, feltétlenül szükséges további énekesek és énektechnikák vizsgálata. A mássalhangzó-környezet az éneklésben tapasztalható hatásának további kutatása az énektanításra, énektechnikára is hatással lehet, ezért szükségesnek tartjuk olyan kritikusnak feltételezett hangokra is kiterjeszteni a vizsgálatokat, mint a felpattanók vagy a közelítőhangok.

Az énekhangészlelés és az énekhangeltetés közti összefüggések pontosítására a jövőben akusztikai mérésekkel, illetve beszédértési kísérletekkel fogjuk kiegészíteni a hangazonosítási teszteket.

Kutatásunk megalapozó jellege miatt egy egyenközű hangskálát használtunk a kísérletekhez. A továbbiakban terveink között szerepel az is, hogy a hangskálák és hangregiszterek figyelembevételével folytassunk kísérleteket, melyek eredményei akár az itt felmerült és meg nem válaszolt kérdéseket is tisztázhatják.

Irodalom

- Boersma, P., Weenink, D. 2009. *Praat: doing phonetics by computer (Version 5.1)*. Elérhető: http://www.fon.hum.uva.nl/praat/download_win.html
- Deme, A. 2010. Az énekelt magánhangzók fonetikai elemzése. In: Parapatics, A. (szerk.) 2010. *Félfúton 6. A 6. félfúton konferencia (2010) kiadványa*. Elérhető: <http://linguistics.elte.hu/studies/fuk/fuk10/>
- Deme A. 2011. Egy nyolcéves gyermek beszélt és énekelt magánhangzójának akusztikai jellemzői. Elhangzott: *A Magyar Fonetikai, Foniátriai és Logopédiai Társaság Kongresszusa*, Budapest, 2011. június 25.
- Garnier, M., Henrich N., Smith J., Wolfe J. 2010. Vocal adjustments in the high soprano range. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 127. No. 6, 3771–3780.
- Gósy, M. 1984. *Hangtani és szótani vizsgálatok hároméves gyermekek nyelvében*. Nyelvtudományi Értekezések 102. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Gósy, M. 1987. A formánsszerkezet változásának hatása a magánhangzók felismerésére. *Magyar Nyelv*. 49–59.
- Gósy, M. 2002. Beszédképzés zöngé nélkül. In: Gósy M. (szerk.) *Beszédkutatás 2002*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 18–37.
- Gósy, M. 2004. *Fonetika, a beszéd tudománya*. Budapest: Osiris Kiadó.
- Gottfried, T. L. 1980. Identification of sung vowels. *Journal of Acoustical Society of America*, Vol. 68, 100th Meeting: Acoustical Society of America, 100.
- Grácz, T. E. 2005. Suttogott mássalhangzók zöngésségének észlelése. In: Gósy, M. (szerk.) *Beszédkutatás 2005*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 78–91.
- Grácz, T. E. 2006. Suttogott ejtésű magánhangzók észlelése. In: Gósy M. (szerk.) *Beszédkutatás 2006*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 86–100.
- Gramming, P., Nord, L., Sundberg J., Eliot N. 1993. Does the nose resonate during singing? *STL-QPSR* Vol. 34. No. 4. 35–42.
- Horváth, V. 2005. A magánhangzók nazalizációjáról. In: Gósy, M. (szerk.) *Beszédkutatás 2005*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 51–62.
- Horváth V. 2008. Nazális hatás a magánhangzóképzés függvényében. In: Gósy M. (szerk.) *Beszédkutatás 2008*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 22–32.
- Joliveau, E., Smith J., Wolf J. 2004. Vocal Tract resonances in singing: The soprano voice. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 116. No. 4. 2434–2439.
- Kerényi, M. Gy. 1959. *Az éneklés művészete és pedagógiája*. Budapest: Zeneműkiadó.
- Kovács, M. 1998. A spektrális minőség és az időtartam szerepe a magánhangzók percepciójában. In: Gósy M. (szerk.) *Beszédkutatás 1998*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 35–46.
- Markó, A. 2008. A Magyar eldöntendő kérdő mondat megvalósulásai különböző beszédmódokban. In: Gósy M. (szerk.) *Beszédkutatás 2008*. Budapest: MTA Nyelvtudományi Intézet. 77–92.
- Rosner, B. S., Pickering, J. B. 1994. *Vowel perception and production*. Oxford: Oxford University Press.
- Scotto di Carlo, N., Germain, A. 1985. A perceptual study of the influence of pitch on the intelligibility of sung vowels. *Phonetica*, Vol. 42. No. 4. 188–197.

- Scotto di Carlo, N. 2007. Effect of Multifactoral Constraints on Intelligibility of Opera Singing (II). *Journal of Singing* 63. No. 4. 559–567.
- Sundberg, J. 1969. Articulatory differences between spoken and sung vowels in singers. *STL-QPSR*, Vol. 10. No. 1. 33–46.
- Sundberg, J. 1970. Formant structure and articulation of spoken and sung vowels. *Folia Phoniatrica*, Vol. 22. No. 1. 28–48.
- Stephen, F. A. 1996. Movement of Velum During Speech and Singing in Classically Trained Singers. *Journal of Voice*. Vol. 11. No 2. 212–221.
- Vennard, W. 1964. An Experiment to Evaluate the Importance of Nasal Resonance in Singing. *Folia Phoniatrica*. 16. 146–153.
- Yanagisawa, E., Kmucha S. T., Estill J. 1990. Role of the soft palate in laryngeal functions and selected voice qualities. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*. 99. 18–28.
- Wodarz-Magdics K. 1970. Experiments in Hungarian vowel recognition. *Linguistics* 56. 64–87.